サイド・スリップ・テスタによる横滑り量の調整方法について*

山田　茂樹 [1)]　　前田　茂 [2)]

Laboratory on Adjusting Amounts of Sideslip by Making use of Sideslip Tester

Shigeki Yamada　　Shigeru Maeda

The wheel alignment is critical to the vehicle maintenance. The sideslip test is an integral part of the wheel alignment and introduced as a must in the auto inspection. Accordingly, our students, would-be auto mechanics, are required to be trained in dealing with the sideslip tester to detect amounts of sideslip and adjust them up to standard.

We have researched into the difficulties that our students find in practicing sideslip adjustments. We have focused on how our trainees manage the work on the rack end and the lock nut to regulate the sideslip. We have compared task accomplishments between two of trainees: one who does his job in a standing position under the car lifted up and the other who does his job reaching to the adjusting parts in a sitting position beside the car.

The research has led to our contrivance called 'rack end- adjusting simulator' to facilitate the sideslip maintenance.

Key Words:(Standardized) Vehicle dynamics, Maintenance, Inspection(Free) Sideslip tester, Students(B1)

1. ま　え　が　き

自動車の整備において，ホイール・アライメントの調整は重要な整備作業の項目である．

本学においては，一年次に，学科の授業と実習の授業で構造を教え，二年次において，初めて実際の車両で，サイド・スリップ・テスタを用いた横滑り量の調整方法を教えている．

この時，問題となるのは，調整作業において非常に時間のかかる学生がいることである．

これらの学生の授業の様子を観察したり，学生から聞き取り調査を行うと，①タイロッド・エンドのロック・ナット（以下ロック・ナットという）を緩める方向が難しい，②ラック・エンドを回す方向によって，トーインとなるのか，又はトーアウトになるのかわからない，③ラック・エンドをどの程度回すと，適正値に出来るのかわからない，ということであった．

そこで本研究では，これらの調整作業について，従来の教育方法による実態を調査し，教育方法を改善することにより，どのような車両においても，早く正確に出来るようになることを目標に，教育研究を行ったのでここに報告する．

2. 従来の実習授業の問題点と考察

独立懸架式のラック＆ピニオン型ステアリング機構を備えた車両を使用し，次の 2 つの調整方法を教えている．1 つは，車両を接地状態で，ステアリング・ホイールを左右一杯まで回して，タイヤと車体の隙間から左右交互にラック・エンドを調整する方法（以下上部調整方法という）と，もう 1 つは，リフトやピットを使用して車両の下部から左右交互にラック・エンドを調整する方法（以下下部調整方法という）である．

今回，構造だけは知っているが，初めて実際の車両で横滑り量の調整作業を行う学生が，出来るようになるのにどれ位かかるのか，また，どのようなところで難しいと感じるのかを調査した．

学生 16 名に，上部調整方法で先に調整させ，次に下部調整方法を教えた．また別の学生 16 名に下部調整方法を先に行わせ，次に上部調整方法を教えた．

調査結果は，各調整方法において，先に行わせた結果を示す．ここで，「ロック・ナットを緩めることが出来た学生」とは，最初に緩める方向に回すことが出来た学生を指し，最初に締める方向に回した学生を「緩めることが出来ない学生」とした．同じく，トーイン，又はトーアウトとしたい方向と，ラック・エンドを回す方向が最初に正しく出来た場合を「ラック・エンドを回す方向が正しく出来た」とした．

学生 16 名に対し，ロック・ナットを緩めることが出来た割合（以下ロック・ナット成功率という）と，ラック・エンドを回す方向が正しく出来た割合（以下移動方向成功率という），並びに，横滑り量を 5mm 移動させるまでのサイド・スリップ・テスタ使用回数（以下テスタ使用回数という）を，それぞれの作業方法について，調査した．

尚，試験車両は，表 1 の車両を使用し，サイド・スリップ・

*2013 年 8 月 6 日受理．第 45 回全国自動車短期大学協会研究発表会において発表．

1)・2) 高山自動車短期大学（506-8577　岐阜県高山市下林町 1155 番地）

テスタの諸元は，表2に示す．

表1　車両諸元

車　名	ニッサン
型　式	BDA-AK12
エンジン型式	CR12DE
車両重量	950kg
タイヤサイズ	165/70R14
ステアリング機構	ラック＆ピニオン式
サイドスリップ規定値	イン5mm～アウト5mm
ステアリング機構位置	車軸の後方

表2　サイド・スリップ・テスタ諸元

メーカー名	BANZAI
型式	ABSTE-150B－2
許容輪荷重	1,500 kg
踏板寸法	850×500 mm
表示方式	デジタル
最大測定値	IN/OUT　15.0 mm/m
最小目盛り	IN/OUT　0.1 mm/m

ロック・ナット成功率を図1に示す．
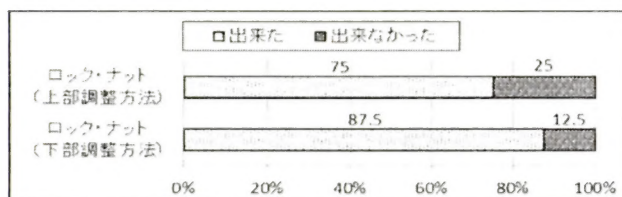
図1　ロック・ナット成功率

上部調整方法を実施し，ロック・ナットを緩めることが出来た学生は75%になった．また，下部調整方法を実施して，ロック・ナットを緩めることが出来た学生は87.5%になった．

移動方向成功率を図2に示す．
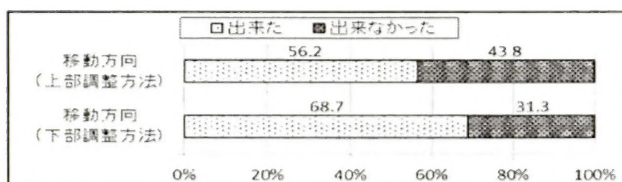
図2　移動方向成功率

上部調整方法を実施し，ラック・エンドを回す方向が正しく出来た学生は56.2%になった．また，下部調整方法を実施して，ラック・エンドを回す方向が正しく出来た学生は68.7%になった．

以上のことより，ロック・ナットを緩めることが出来た人数と，ラック・エンドを回す方向が正しく出来た人数共に，下部調整方法を実施した方が多いことがわかる．

テスタ使用回数を図3に示す．
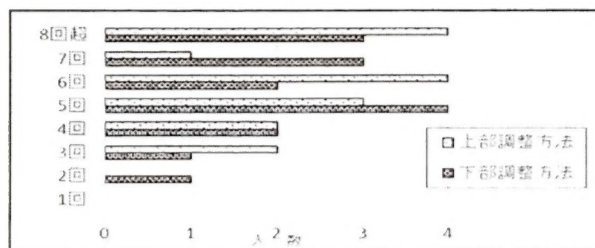
図3　テスタ使用回数

上部調整方法の平均は6.1回であり，下部調整方法の平均は6.0回となり，どちらの調整方法もほぼ同じ結果となった．

また，学生が調整を行った後，どのように感じたのか，アンケートを行った．

アンケート内容は，①タイロッド・エンドのロック・ナットを緩めることが出来たか（以下ロック・ナット成功意識率という），②ラック・エンドを回す方向を間違えなかったか（以下移動方向成功意識率という），③ラック・エンドを回す量（どのくらい回すと値が調整値になるか）の調整回数を少ない回数で，早く終えることが出来たか（以下移動量成功意識率という），以上3項目である．

ロック・ナット成功意識率を，図4に示す．
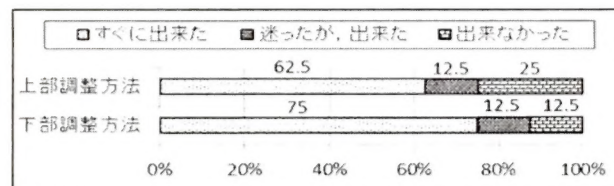
図4　ロック・ナット成功意識率

上部調整方法を実施して，ロック・ナットをすぐに緩めることが出来たり，迷ったが出来たと思う学生は，75%になった．また，下部調整方法を実施して，ロック・ナットをすぐに緩めることが出来たり，迷ったが出来たと思う学生は，87.5%になった．

この数字を図1と比較すると，出来た割合と同じとなる．このことから，出来た学生のうち，どちらの調整方法においても，偶然出来た学生が12.5%ずつ含まれていると考えられる．

個別に聞き取り調査を行ったところ，車両の下部から作業を行うと，ロック・ナット側から見ることが出来る為，素直に緩めたり，締めたりすることが出来るが，上部調整方法において，タイヤと車体の隙間から見ると，逆方向になるので，難しいとのことだった．

移動方向成功意識率を，図5に示す．

上部調整方法を実施して，ラック・エンドをすぐに正しく回すことが出来たり，迷ったが出来たと思う学生は，56.2%に
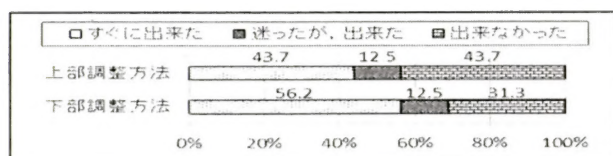
図5　移動方向成功意識率

なった．また，下部調整方法を実施して，ラック・エンドをすぐに正しく回すことが出来たり，迷ったが出来たと思う学生は，68.7%になった．

この数字を図2と比較すると，やはり，出来た学生の割合と同じとなる．このことから，出来た学生のうち，どちらの調整方法においても，偶然出来た学生が12.5%ずつ含まれていると考えられる．

個別に聞き取り調査を行ったところ，どちらに回すとトーイン，又はトーアウトになるかよくわからないという意見や，車両の下部から作業を行うと，ラック・エンドを回す方向が分かりやすいが，タイヤと車体の隙間から，ラック・エンドを見ると，回す方向が逆になるので，難しいとのことだった．

移動量成功意識率を，図6に示す．
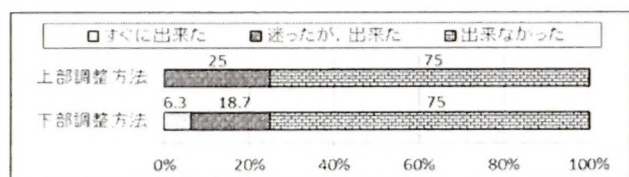
図6　移動量成功意識率

上部調整方法を実施して，ラック・エンドの移動量をすぐに出来たり，迷ったが出来たと思う学生は，25%になった．また，下部調整方法を実施して，ラック・エンドの移動量をすぐに出来たり，迷ったが出来たと思う学生も，25%になった．

この結果を図3と比較すると，2回のテスタ使用回数では，すぐに出来たと感じ，3回又は4回使用した場合，迷ったが出来たと感じ，5回以上使用した場合には，出来なかったと感じていることがわかる．よって，教育目標として，4回以下で出来ることを目指すとよいことがわかった．

個別に聞き取り調査を行ったところ，左右一緒に調整することから，左右の移動量の違いが起こったり，車両の下部から作業を行うと，ラック・エンドをどの程度回したか分かりやすいが，タイヤと車体の隙間から，ラック・エンドを見ると，分かりにくいという意見や，ラック・エンドを回した場合，思ったより，横滑り量が変化することに驚いたという意見もあった．

以上のことより，初めて実際の車両で横滑り量の調整を行った場合，ロック・ナット成功意識率や移動方向成功意識率は下部調整方法を実施した方が，成功意識率が高いことがわかる．

また，移動量成功意識率はどちらの調整方法も成功意識率が低いことがわかる．

3. 実験的教育と成果

3.1 ロック・ナット成功率，成功意識率の改善

上記の結果より，上部調整方法と下部調整方法では，ロック・ナットやラック・エンドを回す場合，視点の違いにより回転方向が逆転するので，学生が混乱することがわかった．

そこで，ロック・ナット成功率と成功意識率を上昇させる為に，ラック・エンド調整シミュレータを作製した．これを図7に示す．
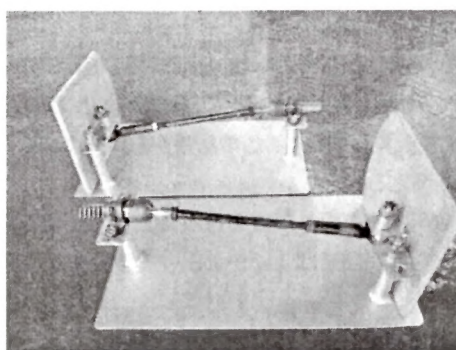
図7　ラック・エンド調整シミュレータ

タイヤに見立てた板の方から，ロック・ナットを緩める場合が上部調整方法に相当する．また，ラックの方から同じ作業を行う場合が下部調整方法に相当する．

従来の実習方法で教育を行った学生16名とは別の，やはり初めて調整作業を行う学生16名に，シミュレータを用いて上部調整方法の説明を行った後，実際の車両で行わせた．また，別の学生16名には，同じく下部調整方法を説明し，実際の車両で行わせた．尚，試験車両は，表1の車両を使用した．このロック・ナット成功率を，図8に示す．
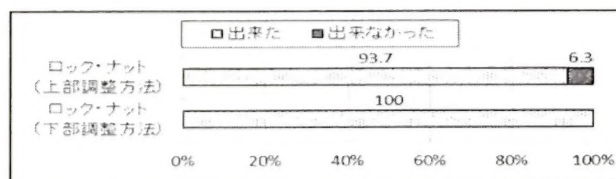
図8　ロック・ナット成功率

上部調整方法を実施して，ロック・ナットを緩めることが出来た学生は93.7%になった．また，下部調整方法を実施して，ロック・ナットを緩めることが出来た学生は100%になった．

ロック・ナット成功意識率を，図9に示す．

上部調整方法を実施して，ロック・ナットをすぐに緩めることが出来たり，迷ったが出来たと思う学生は，93.7%になった．また，下部調整方法を実施して，ロック・ナットをすぐ
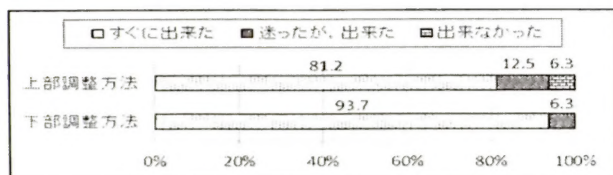
図 9　ロック・ナット成功意識率

に緩めることが出来たり，迷ったが出来たと思う学生は，100%になった．

この数字を図 8 と比較すると，出来た学生と同じとなる．このうち，上部調整方法の 12. 5%と，下部調整方法の 6.3%は偶然正しい方向に回して出来たと考えられる．

図 4 と図 9 を比較したとき，「すぐに出来た」学生が，本当に理解して回したと考えられ，上部調整方法では，62.5%から 81.2%へ 18.7%上昇している．下部調整方法では，75%から 93.7%へ 18.7%上昇している．この結果から，シミュレータの有用性がうかがえる．

また，個別に聞き取り調査を行ったところ，視点を変えることで，どちらに回せばよいかわかりやすいという意見があった．

3.2　移動方向成功率，成功意識率の改善

移動方向成功率，成功意識率について，上記と同じラック・エンド調整シミュレータを使用して，同グループに教育を行なった．

タイヤに見立てた板の動きを確認することで，どちらに回すと，トーイン，又はトーアウトになるかを，確認させた後，表 1 の車両で調整を行った．

それぞれの調整方法を実施して，移動方向成功率を調査した結果を，図 10 に示す．
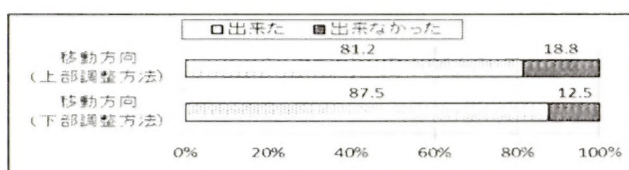
図 10　移動方向成功率

上部調整方法を実施して，ラック・エンドを回す方向が正しく出来た学生は 81.2%になった．下部調整方法を実施して，ラック・エンドを回す方向が正しく出来た学生は 87.5%になった．

移動方向成功意識率を，図 11 に示す．

上部調整方法を実施して，ラック・エンドをすぐに正しく回すことが出来たり，迷ったが出来たと思う学生は，81.2%になった．また，下部調整方法を実施して，ラック・エンドをすぐに正しく回すことが出来たり，迷ったが出来たと思う学生は，87.5%になった．
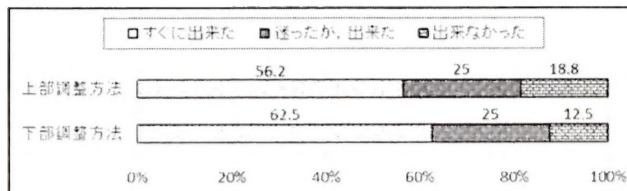
図 11　移動方向成功意識率

このうち，「すぐに出来た」学生が，本当に理解して調整を行った学生の割合を示すと考えられ，図 5 と図 11 を比較すると，上部調整方法では，43.7%から 56.2%へ 12.5%上昇している．下部調整方法では，56.2%から 62.5%へ 6.3%上昇している．また，出来なかった学生は，上部調整方法では，43.7%から 18.8%へ 24.9%減少し，下部調整方法では，31.3%から 12.5%へ 18.8%減少している．この数字から，シミュレータにより理解が深まり，また迷いながらも間違えることなく作業が出来るようになることを示しており，シミュレータの有用性がうかがえる．

また，個別に聞き取り調査を行ったところ，視点を変えることで，どちらに回せばよいかわかりやすいという意見や，板の動きを見ることで，どちらに回すと，トーイン，又はトーアウトになるかわかりやすいという意見などがあった．

3.3　テスタ使用回数，移動量成功意識率の改善

ラック・エンドの回転角度と横滑り量は，リンク構造となっている為，比例する．しかし，リンクの比率や，ステアリング機構が車軸の前方か，又は後方かにより移動量や移動方向が変わってくる．

これを学生に説明する為に，表 3 に示す諸元の車両 3 台について調べた結果を図 12 に示す．

表 3　車両諸元

	A 車	B 車	C 車
車　名	ダイハツ	ニッサン	トヨタ
型　式	E-L510S	ABA-H59A	TA-GX115
車両重量	710kg	980kg	1500kg
タイヤサイズ	145/70R12	175/80R15	195/65R15
サイドスリップ規定値	0±4mm	0±5mm	0±5mm
ステアリング機構位置	車軸の後方	車軸の前方	車軸の後方
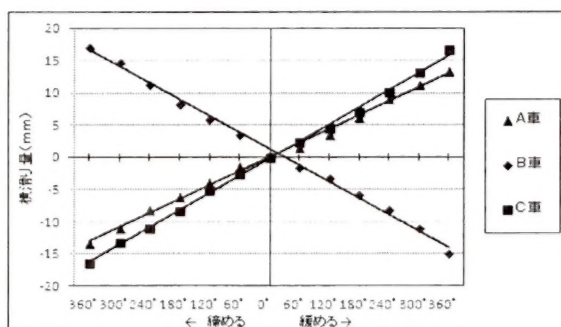
図 12　ラック・エンドを回す量に対する横滑り量の変化量

整備工場において，どのような車両でも迅速に横滑り量を調整する為に，次の調整方法を考案した．

あらかじめ，ラック・エンドを左右共，180°回した時，横滑り量が何 mm 移動するかを測定する．この数値を元に，調整しなければならない横滑り量に対する，ラック・エンドの回転方向と回転角度を算出し，再調整する方法である（以下 180°基準作成調整手順という）．よって，テスタ使用回数は，1回は基準作成作業を行い，次に，調整作業を行う為，最低でも2回となる．

緩めたロック・ナットは，ラック・エンドと共に回転する．ここで，ロック・ナットは六角ナットが使用されている為，ロック・ナットの角部の頂点から次の頂点までの角度は 60°である．よって，180°回転させる時には，ロック・ナットの頂点を基準として，180°回転させ，調整作業を行う時には，頂点から頂点までが 60°であることを基に，目測で調整を行うように指導した．

180°基準作成調整手順を，同グループに教育後，表1の車両を使用し，それぞれの調整方法を実施して，テスタ使用回数を調査した結果を図13に示す．
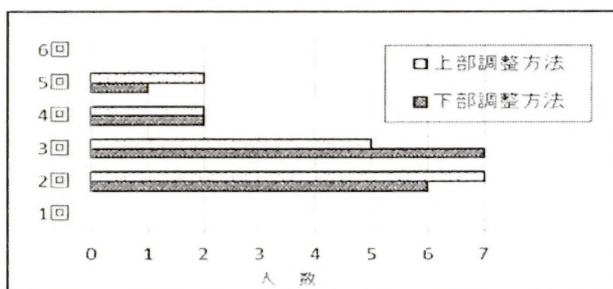
図13　テスタ使用回数

図3と図13を比較すると，上部調整方法では，平均 6.1 回が 2.9 回となり，下部調整方法では，平均 6.0 回が 2.8 回となり，共に半減している．

次に，移動量成功意識率を，図14に示す．

上部調整方法を実施して，ラック・エンドの移動量をすぐに出来たり，迷ったが出来たと思う学生は，87.5%になった．また，下部調整方法を実施して，ラック・エンドの移動量をすぐに出来たり，迷ったが出来たと思う学生は，87.5%になった．
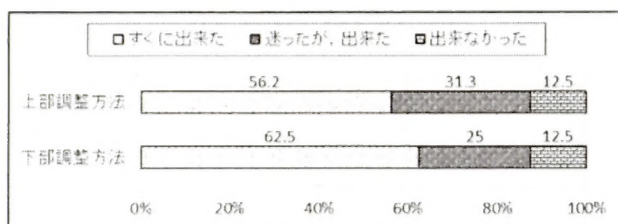
図14　移動量成功意識率

ここでも，2回で出来た学生は，すぐに出来たという意識を持ち，3～4回で出来た学生は迷ったが出来たという意識を持ち，5回作業を行った学生は，出来なかったという意識を持つことが読み取れる．

図6と図14を比較すると，すぐに出来たという意識を持った学生は，上部調整方法で 0%から 56.2%へ増加し，下部調整方法では，6.3%から 62.5%へ 10 倍となった．

以上のことより，この 180°基準作成調整手順は，初めて実際の車両で横滑り量の調整を行う学生であっても，テスタ使用回数を減少させ，移動量成功意識率を上昇させることに，有効であることが示された．

また，個別に聞き取り調査を行ったところ，ロック・ナットを基準にすることで，回した角度がわかりやすいという意見や，180°の基準値を作成するために一度サイド・スリップ・テスタを使用する必要があるが，算出した値で調整した後，1回で目標値になると気分がいい，という意見などがあった．

4.　その他の車両による教育効果の確認

今回の研究において，ラック・エンド調整シミュレータと，180°基準作成調整手順により教育を行うと，初めて実際の車両で横滑り量の調整を行う学生であっても，迅速に作業が実施出来るようになることが示されたが，車両が変わっても，その効果が発揮されるのか，車両を変えて確認を行った．

上記の実験的教育をした学生 30 名を各 5 名，6 グループに分けた．表3の3台の車両を使用し，1つのグループは，A 車を上部調整方法で行い，次のグループは A 車を下部調整方法で行い，それぞれ，ロック・ナット成功率，移動方向成功率並びにテスタ使用回数を調査した．同様に，B 車，C 車をすべて別々のグループに行わせ，同様の調査を行った．

図15，図16，図17の上部調整方法の結果とは，A 車，B 車，C 車のそれぞれを上部調整方法で行った結果を合計した 15 名の値を示し，下部調整方法の結果とは，同様に下部調整方法で行った結果を合計した 15 名の値を示す．

ロック・ナット成功率を，図15に示す．上部調整方法を実施して，ロック・ナットを緩めることが出来た学生は 93.3%になった．また，下部調整方法を実施して，ロック・ナットを緩めることが出来た学生は 100%になった．図8と図15を比較すると，ほぼ同じ結果となった．
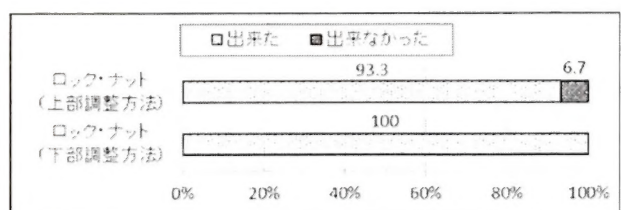
図15　ロック・ナット成功率

移動方向成功率を，図16に示す．上部調整方法，下部調整方法共に，ラック・エンドを回す方向が正しく出来た学生は93.3%になった．図10と図16を比較すると，習熟効果が出たのか，出来た学生の割合が増加している．

図16　移動方向成功率

テスタ使用回数を図17に示す．図13と図17を比較すると，上部調整方法では，平均が2.9回から2.8回となり，下部調整方法では，平均が2.8回から2.9回となっているが，これはほぼ同じ結果といえる．
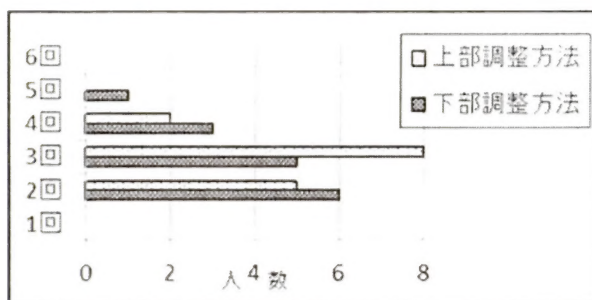
図17　テスタ使用回数

以上のことより，ラック・エンド調整シミュレータと，180°基準作成調整手順により教育を行い，教育車両の1台が出来るようになれば，他の車両でも，迅速で確実な作業が出来ることが確認された．

5.　ま　と　め

本研究により以下のことがわかった．

(1)　初めて実際の車両で横滑り量の調整作業を行う学生は，下部調整方法を実施した方が，ロック・ナットやラック・エンドを正しく回すことが出来，ロック・ナット成功意識率及び移動方向成功意識率も高いことがわかった．

(2)　初めて実際の車両で横滑り量の調整作業を行う学生は，上部調整方法，下部調整方法共に横滑り量の調整の際，テスタ使用回数が多く，移動量成功意識率も低いことがわかった．

(3)　ラック・エンド調整シミュレータを使用し，教育することで，初めて実際の車両で横滑り量の調整を行う学生であっても，上部調整方法，下部調整方法共に，ロック・ナットを緩めることが出来，ロック・ナット成功意識率を高めることが出来ることが示された．

(4)　ラック・エンド調整シミュレータを使用し，教育することで，初めて実際の車両で横滑り量の調整を行う学生であっても，上部調整方法，下部調整方法共に，ラック・エンドを正しく回すことが出来，移動方向成功意識率を高めることが出来ることが示された．

(5)　180°基準作成調整手順を実施させることで，初めて実際の車両で横滑り量の調整を行う学生であっても，上部調整方法，下部調整方法共に，テスタ使用回数を減少させることが出来，移動量成功意識率を高めることが出来ることが示された．

(6)　ラック・エンド調整シミュレータと，180°基準作成調整手順により教育を行うと，実習車両のみならず，その他のどのような車両に対しても，迅速で確実な作業が出来るようになることが確認された．

6.　あ　と　が　き

今回の研究では，すべて独立懸架式のラック＆ピニオン型ステアリング機構を備えた車両で行った．

今後，その他のステアリング機構を備えた車両でも，横滑り量の調整を容易に行える方法を模索したいと考える．

また，今回は実験的な実習授業において，ラック・エンド調整シミュレータや，180°基準作成調整手順を実施すると，調整作業が早く，しかも確実に出来ることが確認されたことから，これからの実習授業に取り入れて教育したいと考える．

謝　　辞

本研究を遂行するにあたり，財団法人東京自動車技術普及協会より研究助成を頂いたことをここに記して感謝の意を表します．併せて，本研究に御協力頂きました本学教職員，卒業生，専攻科学生及び自動車工学科学生にも，感謝の意を表します．

参　考　文　献

(1)　BANZAI　トリプルテスター取扱説明書，2006，27p
(2)　日産自動車(株)　マーチ　K12型整備要領書
(3)　トヨタ自動車(株)　ヴェロッサ　GX115型整備要領書
(4)　日産自動車(株)　キックス　H59A型整備要領書
(5)　ダイハツ工業(株)　ミラ　L510S型整備要領書